

**PENERAPAN ALGORITMA
PENGENDALI LANGKAH ROBOT HUMANOID R2C-R9 KONDO KHR-3HV
BERBASIS KINEMATIKA BALIK**

Oleh

Bangkit Meirediansyah

NIM: 612012025



Skripsi

Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

November 2016



PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : BANGKIT MEUREDIANSYAH
NIM : 61202025 Email : demetrius.b20@gmail.com
Fakultas : ELEKTRO Program Studi : ELEKTRO
Judul tugas akhir : PENERAPAN ALGORITMA PENGENDALI LANGKAH REMOT
HUMANOID R2C-P3 KONDO KHR-3HV BERBASIS KINEMATIKA
BALIK
Pembimbing : 1. GUNAWAN DEWANTORO, ST, MSC.ENG
2. DANIEL SANTOSO, M.S.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 16 November 2016



Rp 6000
Enam Ribu Rupiah
BANGKIT M.



PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : BANGKIT MEUBEDIANSYAH
NIM : 612012028 Email : demetrius.b22@gmail.com
Fakultas : ELEKTRO Program Studi : ELEKTRO
Judul tugas akhir : PENERAPAN ALGORITMA PENGENDALI LAMPAK ROBOT HOMANOID
P2C-P9 KENDARAAN 3-HV BERBASIS KINEMATIKA BALIK

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif** kepada Perpustakaan Universitas – Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA**

* Hak yang tidak terbatas hanya bagi satu pihak saja. Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

** Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan/ alasan tertulis dari pembimbing I dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/kaprodi).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 16 NOVEMBER 2016

Mengetahui,

Gufrawan D.
Tanda tangan & nama terang pembimbing I

BANGKIT M
Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Daniel S.
Tanda tangan & nama terang pembimbing II

**PENERAPAN ALGORITMA
PENGENDALI LANGKAH ROBOT HUMANOID R2C-R9 KONDO KHR-3HV
BERBASIS KINEMATIKA BALIK**

Oleh

Bangkit Meirediansyah

NIM : 612012025

Skripsi ini telah diterima dan disahkan
Untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

dalam

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer

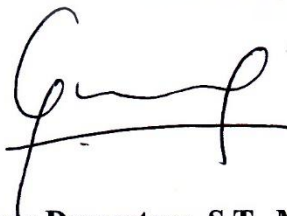
Universitas Kristen Satya Wacana

Salatiga

Disahkan oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II



Gunawan Dewantoro, S.T., M.Sc.

Tanggal : 15/11/2016



Daniel Santoso, M.S.

Tanggal : 15/11/2016

INTISARI

Setiap tahun tim R2C-R9 mewakili UKSW untuk mengikuti KRSBI dan selalu mendapat juara pada tingkat regional maupun nasional, namun belum pernah mendapat juara pertama pada tingkat nasional. Salah satu penyebab kurang maksimal perolehan juara tim R2C-R9 adalah waktu yang terbuang dalam riset pembuatan gerakan robot dengan menggunakan metode *trial and error* yang membutuhkan waktu yang lama.

Dari permasalahan yang ada maka dibuat algoritma pengendali langkah robot humanoid R2C-R9 dengan metode kinematika balik, metode tersebut akan menghitung sudut-sudut yang akan dibentuk oleh kaki robot berdasarkan posisi final yang dikehendaki (x , y , z , *heading*) pada ruang tiga dimensi kartesian.

Dibutuhkan masukan berupa posisi final yaitu *heading*, p_x , p_y , dan p_z untuk menghasilkan keluaran setiap nilai sudut servo pada kaki robot yaitu θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , dan θ_6 . Dari pengujian yang telah dilakukan metode kinematika balik dapat menggerakkan kaki robot sesuai dengan posisi final yang dikehendaki dengan ralat pada servo maksimum sebesar 2.2° dan ralat *end-effector* maksimum sebesar 12.25mm.

Mengetahui

Mengesahkan

Penyusun

Dr. Iwan Setyawan **Gunawan Dewantoro, S.T., M.Sc.Eng** **Bangkit Meirediansyah**
Dekan Pembimbing

ABSTRACT

Each year team R2C-R9 represent UKSW for KRSBI and always get a champion titles, but not the first place. Our robot's motion utilize trial and error method that takes a long time to achieve a stable motion.

Based on that problem an algorithm was made to control the robot's motion using inverse kinematics. Inverse kinematics will calculate every angle on every joints servo on robot's leg that subject to on final position (x , y , z , *heading*).

The inverse kinematics require inputs such as *heading*, p_x , p_y , and p_z to calculate every servo joints, namely θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , and θ_6 . The experiment show that inverse kinematics can move the robot's leg according to final position that we set before with maximum error of 2.2° on joint servo and of 12.25mm on the end-effector.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu menyertai kehidupan dan pendidikan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan perancangan serta penulisan tugas akhir sebagai syarat kelulusan di Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana.

Pada kesempatan ini penulis juga hendak mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang baik secara langsung maupun secara tidak langsung telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini :

1. Sang Juru Selamat Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberkati dan menyertai setiap langkah penulis selama menempuh pendidikan S1 di FTEK UKSW hingga selesai.
2. Ibu Dwi Astuti, adik Tahta Martino, budhe Rukini, dan bapak Siswanto tercinta yang telah mendidik, mendukung dan mendoakan penulis.
3. Teman paling dekat saudari Dane Dea Kumala yang telah menyemangati, mendoakan dan menyertai penulis selama penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Gunawan Dewantoro, S.T., M.Sc.Eng dan Bapak Daniel Santoso, M.S. sebagai pembimbing I dan pembimbing II yang telah bersedia membimbing dan memberikan kritik dan saran kepada penulis selama mengerjakan tugas akhir ini.
5. Keluarga besar Tim R2C yang telah bekerja sama, memberi semangat dan dukungan dalam melakukan riset, serta berjuang bersama dalam suka dan duka dalam mempersiapkan perlombaan dalam Kontes Robot Indonesia.
6. Seluruh staff dosen, karyawan dan laboran FTEK yang memfasilitasi penulis selama menempuh pendidikan S1 di FTEK UKSW.
7. Keluarga besar FTEK 2012 yang selalu menemani dan mendukung penulis selama menempuh studinya di FTEK UKSW.
8. Berbagai pihak yang tidak dapat dituliskan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata “sempurna”, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca sehingga tugas akhir ini dapat berguna bagi kemajuan pendidikan FTEK UKSW dan tim R2C UKSW.

Salatiga, 26 Agustus 2016

Penulis



DAFTAR ISI

INTISARI	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Tujuan.....	1
1.2. Latar Belakang.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Metode <i>Trial and Error</i>	4
2.2. Pembangkit Pola Gerakan Langkah	6
2.3. Kinematika Robot.....	8
BAB III PERANCANGAN	11
3.1. Bagian Perangkat Keras	11
3.1.1. Robot Humanoid Kondo KHR-3HV	11
3.1.2. Servo Motor ICS KRS-2552RHV	13
3.1.3. Serial USB Adapter High Speed.....	14
3.1.4. Odroid XU4	15

3.1.5.	Bagan Perangkat Keras	16
3.2.	Bagian Sistem dan Algoritma	17
3.2.1	Bagian Sistem	17
3.2.2	Kinematika Balik	18
3.2.3	Bagian Algoritma	23
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS		25
4.1.	Contoh Perhitungan	25
4.2.	Pengujian dan Pengukuran	30
4.2.1	Pengujian Servo Tanpa Beban	34
4.2.2	Pengujian Sudut Kinematika Balik	36
4.2.3	Pengujian Posisi Final Kinematika Balik	40
4.3.	Analisis Pengujian dan Pengukuran	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1.	Kesimpulan	42
5.2.	Saran Pengembangan	43
DAFTAR PUSTAKA		44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram <i>Locomotion</i> Sebuah Gerakan	6
Gambar 2.2. Analisis Numerik dari Sebuah <i>Locomotion</i>	6
Gambar 2.3. Kurva Gerakan Langkah	7
Gambar 2.4. Rantai Kinematika	8
Gambar 2.5. Diagram Perbedaan Kinematika	9
Gambar 3.1. Gambar Kondo KHR-3HV tampak depan	12
Gambar 3.2. Gambar Kondo KHR-3HV tampak samping	12
Gambar 3.3. Ukuran Panjang Kaki Robot dan Arah Perputaran Servo.....	12
Gambar 3.4. Servo KRS-2552RHV	13
Gambar 3.5. Penamaan Servo Motor.....	13
Gambar 3.6. Serial USB Adapter HS	14
Gambar 3.7. Odroid XU4	15
Gambar 3.8. Bagan Skematik Sistem	16
Gambar 3.9. Diagram Blok Sistem.....	17
Gambar 3.10. Gambar Frame Kaki Robot.....	18
Gambar 3.11. Gambar Urutan Servo Kaki dan Pergerakan Kaki	19
Gambar 3.12. Pemodelan Kinematika pada bidang X-Z.....	19
Gambar 3.13. Pemodelan Kinematika pada bidang Y-Z.....	21
Gambar 3.14. Pemodelan Kinematika pada bidang X-Y.....	22
Gambar 3.15. Diagram Alir Algoritma.....	23
Gambar 4.1. Busur Derajat	30
Gambar 4.2. Penggaris.....	30
Gambar 4.3. Letak <i>Base-frame</i> dan <i>End-effector</i>	31
Gambar 4.4. Letak <i>End-effector</i> pada Telapak Kaki Robot	31

Gambar 4.5. Titik Referensi Sudut Robot pada Servo	32
Gambar 4.6. Sudut yang Terbentuk	32
Gambar 4.7. Gerakan Kaki ke Depan (sumbu x)	33
Gambar 4.8. Gerakan Kaki ke Atas (sumbu y)	33
Gambar 4.9. Gerakan Kaki ke Samping (sumbu z)	33



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daftar Gerakan Robot Kondo KHR-3HV R2C-R9	5
Tabel 4.1. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang bidang X-Y pada kaki kiri	36
Tabel 4.2. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang bidang X-Z pada kaki kiri	36
Tabel 4.3. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang bidang Y-Z pada kaki kiri	37
Tabel 4.4. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang ruang X-Y-Z pada kaki kiri	37
Tabel 4.5. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang bidang X-Y pada kaki kanan	38
Tabel 4.6. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang bidang X-Z pada kaki kanan	38
Tabel 4.7. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang bidang Y-Z pada kaki kanan	39
Tabel 4.8. Pergerakan <i>end-effector</i> sepanjang ruang X-Y-Z pada kaki kanan	39
Tabel 4.9. Pengukuran <i>end-effector</i> pada kaki kanan	40
Tabel 4.10. Pengukuran <i>end-effector</i> pada kaki kiri	40

DAFTAR SIMBOL

θ_m	Sudut servo ke-m, m adalah nomor servo
(p_x, p_y, p_z)	Posisi final <i>end-effector</i>
(a_x, a_y, a_z)	Orientasi nilai sendi
(x, y, z)	Sumbu pada ruang Kartesian
a_x	Orientasi terhadap sumbu x
a_y	Orientasi terhadap sumbu y
a_z	Orientasi terhadap sumbu z
R_a	Resultan arah terhadap sumbu x dan sumbu z
R_b	Resultan arah terhadap sumbu x dan sumbu y
R_y	Resultan arah terhadap sumbu y dan sumbu z
B	Besar sudut orientasi terhadap sumbu z
b_y	Posisi akhir dikurangi panjang <i>frame</i>
sA	Sudut antara R_b dengan R_y
sB	Sudut antara R_b dengan <i>frame1</i>
sC	Sudut antara <i>frame1</i> dengan <i>frame2</i>

DAFTAR SINGKATAN

KRSBI	Kontes Robot Sepak Bola Indonesia
UKSW	Universitas Kristen Satya Wacana
R2C	Robotic Research Center
NIM	Nomor Induk Mahasiswa
DOF	<i>Degree of Freedom</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
SBC	<i>Single Board Computer</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

